

Wykorzystanie monitoringu sieci wodociągowej do obniżenia poziomu strat wody

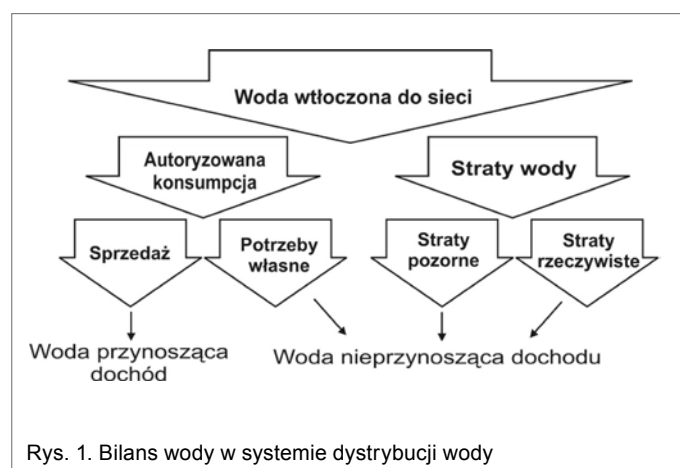
Florian G. Piechurski

1. Problemy występujące przy eksploatacji sieci wodociągowej

Straty wody definiowane są jako różnica objętości wody wtłoczonej do sieci i objętości wody sprzedanej użytkownikom i zużytej na potrzeby własne zakładu wodociągowego. Obecnie IWA podaje następujący standard dotyczący tworzenia rocznego bilansu wody dla przedsiębiorstw wodociągowych (rys. 1).

Według tego podziału wodę po wtłoczeniu w system podzielono na autoryzowaną konsumpcję i straty wody. Te z kolei podzielono na straty pozorne i straty rzeczywiste. Jako rzeczywiste rozumiemy te, które powstają w kolejnych elementach systemu wodociągowego, tj. w sieci przesyłowej, rozdzielczej, w przyłączach. Za straty pozorne autorzy za IWA (*International Water Association*) uznają „nieautoryzowaną konsumpcję, np. kradzież, oraz straty wynikające z błędów pomiarów i odczytu wodomierzy”. Ta część wtłoczonej wody oraz tzw. niezafakturowana zmierzona konsumpcja i niezafakturowana niezmiernona konsumpcja określone są jako woda nieprzynosząca dochodu. Można przyjąć uproszczoną definicję strat wody, czyli że jest to objętość bezpowrotnie utraconej wody w wyniku jej nieracjonalnego zużycia z przyczyn zależnych i niezależnych od zarządzającego siecią wodociągową [2, 9].

Celem każdego dostawcy wody jest długofalowa dostawa dobrej jakości i taniej wody, a nie dostawa tymczasowo tania. Już wiele lat temu określono ścisły związek wielkości strat wody, ograniczanych w mniejszym lub większym stopniu, z kosztami i tym samym ceną wody. Straty wody, będące zazwyczaj drugim pod względem wielkości składnikiem wody wtłaczanej do sieci wodociągowej, odgrywają pierwszoplanową rolę mogącą zoptymalizować pracę całego systemu wodociągowego i związane z nim koszty eksploatacji i inwestycji.



Streszczenie: Problem strat wody w systemie jej dystrybucji jest istotny z ekonomicznego punktu widzenia dla każdego przedsiębiorstwa wodociągowego. Monitorowanie minimalnych nocnych przepływów w wydzielonych strefach sieci wodociągowej, pozwala na szybką diagnostykę pod kątem pojawiających się awarii i wstępną ich lokalizację. Pogotowie wodociągowe wyposażone w zespół urządzeń typu loggery, korelator, geofony pozwala na szybką lokalizację wycieku i wykonanie naprawy. Dodatkowo monitoring sieci wodociągowej oraz system zarządzania ciśnieniem pozwala na dostosowanie ciśnienia do pory dnia i do charakterystyki rozbiórów wody w sieci. Takie działania pozwalają na zmniejszenie awaryjności sieci oraz zmniejszenie poziomu wycieków, co w sposób istotny obniża straty wody.

Nieszczelności powstające w trakcie eksploatacji sieci wodociągowej są zjawiskiem, którego przy obecnych warunkach technicznych dostawy wody nie da się uniknąć. W szczególności „kropłowe” ubytki wody – nazywane stratami wody do gruntu – są powodowane przeciekami pochodzącymi z połączeń rur i armatury.

Wycieki to większe pod względem wydatku strumienie ubytków wody, nad którymi można zapanować dzięki stosowaniu procesu kontroli wycieków (Aktywna Kontrola Wycieków i Szybkość Napraw).

Awaria sieci wodociągowej to przeważnie ostatni etap pojedynczego niewielkiego wycieku, o którego wcześniejsze usunięcie nie zadbał dostawca eksploatujący tę sieć. Doświadczenia firm wodociągowych wyszukujących i usuwających wycieki dowodzą, że zanim pojedynczy wyciek ujawni swoje niszczycielskie i kosztowne działanie, upływa przeciętnie sto kilkadziesiąt dni. W tym czasie strumień traconej wody nie jest niczym ograniczany. Powoduje to straty głównego produktu dostawcy wody i jest przyczyną wielu niepożądanych zjawisk w sieci.

2. Wykrywanie i usuwanie awarii, przecieków

Wykrywanie, usuwanie wycieków, woda niesprzedana wchodzi w skład kosztów funkcjonowania przedsiębiorstwa i znacząco wpływają na wynik ekonomiczny działalności firmy. Przy określonym koszcie pozyskiwania wody przeznaczonej do spożycia powyższe koszty są znaczącym ogranicznikiem rentowności przedsiębiorstwa wodociągowego.

Rozwój techniki i metod zarządzania, rozwój infrastruktury informatycznej i oprogramowania powodują, że przedsiębiorstwa wodociągowe otrzymują coraz więcej narzędzi pozwalają-



cych efektywnie i skutecznie zarządzać firmą i eksploatacją sieci wodociągowej. W zależności od poziomu awaryjności sieci stosuje się coraz częściej działania naprawcze, polegające na:

- regulacji ciśnienia;
- jakości napraw;
- wykrywaniu wycieków;
- aktywnej kontroli wycieków;
- szybkości napraw;
- planowej naprawie sieci wodociągowej.

Ze względu na sposób zarządzania siecią wodociągową przedsiębiorstwa możemy podzielić na dwie zasadniczo różniące się grupy:

Pasywne zarządzanie

Pasywne zarządzanie charakteryzuje się tym że:

- awarie, przecieki naprawiane dopiero po zgłoszeniu;
- nieplanowane przerwy w dostawie wody;
- dominacja przecieków zgłoszonych.

Pasywne zarządzanie jest obecnie stosowane w większości przedsiębiorstw wodociągowych, co pozwala na minimalizowanie nakładów finansowych na aktywne wykrywanie awarii, lecz na pewno zwiększa objętość traconej wody. Koszty wykrywania przecieków są relatywnie wysokie, a koszty produkcji wody niskie – woda z własnych ujęć i bez uzdatniania.

Aktywne zarządzanie

Cechą charakteryzującą taki sposób zarządzania jest monitorowanie przepływów w sieci wodociągowej, które odbywa się w wydzielonych obszarach pomiarowych i pozwala na prawie natychmiastową możliwość zauważenia wycieków oraz możliwość podjęcia prac naprawczych.

Korzyści wynikające z aktywnego sposobu zarządzania to:

- zmniejszenie nieplanowanych przerw w dostawie wody;
- zwiększenie zysków poprzez redukcję objętości traconej wody.

Aktywna kontrola wycieków zawiera dwa podstawowe elementy:

- obserwację minimalnego nocnego przepływu;
- wykrywanie i lokalizację przecieków.

Celem aktywnej kontroli wycieków jest obniżanie rzeczywistych strat wody w sieci wodociągowej do ich ekonomicznego poziomu. Ekonomiczny poziom strat wody to tzw. „złoty środek” pomiędzy aktualnymi rzeczywistymi stratami wody a nieuniknionymi stratami wody w sieci wodociągowej. Istotne jest to, że prawidłowa diagnostyka sieci wodociągowej odbywa się w oparciu o pełną wiedzę, w którym rejonie w sposób najbardziej opłacalny użyty zostanie sprzęt i ludzie, jak ocenia się

pracę ekip poszukujących wycieki, kiedy i w jakim celu podejmuje się następną kontrolę.

Uogólniając, należy dokonać następujących działań:

- określić opłacalność kontroli obszarów sieci i monitorować ją na bieżąco prostymi lub bardziej skomplikowanymi metodami;
- w trakcie dokonywania przeglądów nadzorować czas i efektywność pracy ekip (służą do tego określone wskaźniki efektywności pracy).

Ograniczenie strat z wycieków na bazie tak pojmowanego przebiegu działań może przynieść przedsiębiorstwu trend obniżenia poziomu strat wody.

O optymalnym ekonomicznie poziomie strat wody będą decydować koszty straconej wody oraz koszty wyszukiwania i usuwania wycieków. To ich minimalizacja doprowadza do zmniejszonych kosztów eksploatacji, a dopiero wyników w tych warunkach jest osiągnięty poziom strat wody.

Każdy system dystrybucji wody posiada inny taki optymalny poziom wycieków, który zmienia się w trakcie eksploatacji, w szczególności dotyczy to także różnych jej podobszarów – stref. Nie każdy system dystrybucji wody jest tak samo podatny na wyszukiwanie wycieków. Każda sieć wodociągowa pracuje przy innym średnim ciśnieniu – co ma bezpośredni wpływ na objętość straconej wody w trakcie awarii. Jedne z systemów – z powodu różnej konfiguracji i typów odbiorców – wymagają bardziej pracochłonnych działań przy wyszukiwaniu wycieków, inne mniej. Przedsiębiorstwa eksploatujące mają różne jednostkowe koszty związane z traconą wodą. Wszystkie te elementy w tak wysokim stopniu różnicują pożądany dla danej sieci sposób wyszukiwania wycieków, że optymalny poziom wycieków dla jednej sieci nie będzie równy optymalnemu poziomowi wycieków w innej. Jakikolwiek porównania co do owego optimum nie mają więc sensu.

Należy również pamiętać, że optymalna kontrola wycieków ma przynieść dostawcy określony zysk, a nie zwiększoną cenę wody [2].

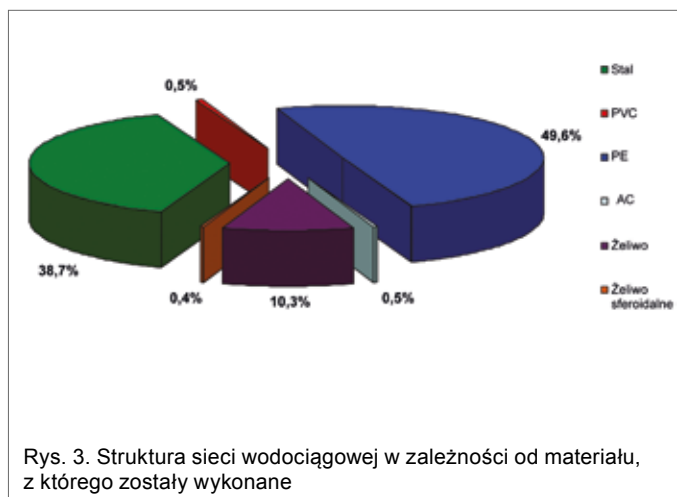
3. Zagadnienia eksploatacji sieci wodociągowej w analizowanym mieście

Historycznie do budowy pierwszych wodociągów używane były rury z żeliwa szarego.

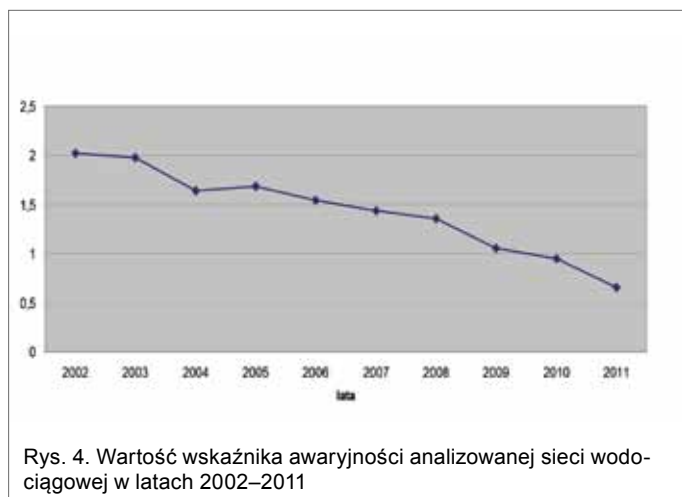
W latach 60. XX w. rozbudowywana sieć realizowana była głównie z rur stalowych. Korozja i postępująca eksploatacja górnicza kopalń powodowały wzrost liczby uszkodzeń tego typu rurociągów. Na początku lat 70. ub.w. krótko używano rur azbestocementowych. Do roku 1990 ponownie stosowano rury stalowe, a od początku lat 90. zastąpiono je rurami PEHD [9].

Przedsiębiorstwo nie posiada własnych ujęć wody, lecz bazuje na zakupie wody z GPW (Górnośląskie Przedsiębiorstwo Wodociągowe). Zakup wody z sieci tranzytowej odbywa się w 78 punktach. Dla właściwego zaopatrzenia w wodę, biorąc pod uwagę znaczne zróżnicowanie wysokościowe terenu, zaszła konieczność budowy urządzeń podnoszących ciśnienie dostarczanej wody, aktualnie w sieci wodociągowej miasta pracuje 7 pompowni.

Na awaryjność sieci wodociągowej wpływ ma cały szereg czynników, z których za najistotniejsze można uznać wady materiału, błędy budowlano-montażowe, uderzenia hydrauliczne i obciążenia zewnętrzne, ciśnienie wewnątrz przewodów, temperaturę zewnętrzną, poziom wody gruntowej, środowisko

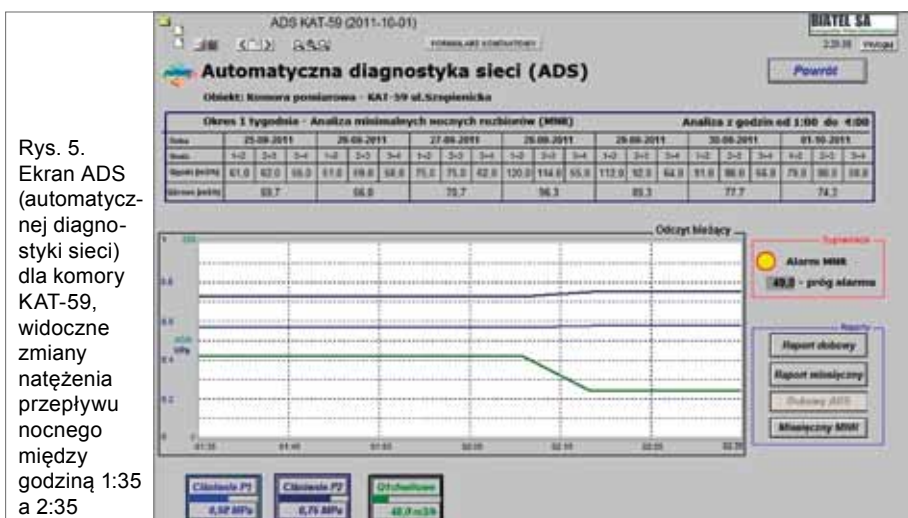


Rys. 3. Struktura sieci wodociągowej w zależności od materiału, z którego zostały wykonane



Rys. 4. Wartość wskaźnika awaryjności analizowanej sieci wodociągowej w latach 2002–2011

gruntowe oraz przemieszczenia gruntu. Na terenie eksploatację złóż węgla kamiennego prowadzi 7 kopalń. W większości kopalnie prowadzą eksploatację bez podsadzki płynnej, tj. eksploatację zawałową, powodującą określone skutki na powierzchni. Wskaźnik awaryjności, określający liczbę awarii przypadających na 1 km sieci w okresie jednego roku, w niektórych przypadkach wynosi 3 awarie/km w roku, a maksymalnie w latach dziewięćdziesiątych dochodził do 5 awarii/km w roku. Przyczyną tak wysokiego wskaźnika awaryjności sieci wodociągowej są głównie wpływy szkód górniczych i korozja rurociągów stalowych. W przypadku innych miast – gdzie działalność górnicza nie ma miejsca – wskaźnik awaryjności sieci wodociągowej zawiera się w przedziale 0,3–0,6 awarii/km w roku. Na Śląsku sytuacja ta powoduje określone problemy eksploatacyjne, obniża niezawodność dostaw wody do poszczególnych grup odbiorców i zwiększa straty wody.



Rys. 5. Ekran ADS (automatycznej diagnostyki sieci) dla komory KAT-59, widoczne zmiany natężenia przepływu nocnego między godziną 1:35 a 2:35

4. Monitoring założenia funkcjonalności

Aby zapewnić dostawy wody o wymaganej jakości, w odpowiedniej objętości i pod wymaganym ciśnieniem oraz zapewnić prawidłowe aktywne zarządzanie siecią wodociągową, wymagane jest monitorowanie pracy sieci wodociągowej od strony hydraulicznej oraz jakościowych wody. Aktualny poziom rozwoju elektroniki, informatyki i telekomunikacji umożliwia zdalne prowadzenie pomiarów w wybranych punktach sieci wodociągowej.

W założeniu monitoring sieci wodociągowej ma dostarczyć niezbędnych informacji do następujących działań:

- sterowanie i regulacja hydrauliczna sieci;
- kontrola i ocena jakości wody dostarczanej do odbiorców;
- ocena stanu technicznego przewodów i elementów wyposażenia technicznego sieci;
- ocena niezawodności dostawy wody do odbiorców w odpowiedniej ilości, odpowiedniej jakości i pod wymaganym ciśnieniem [4].

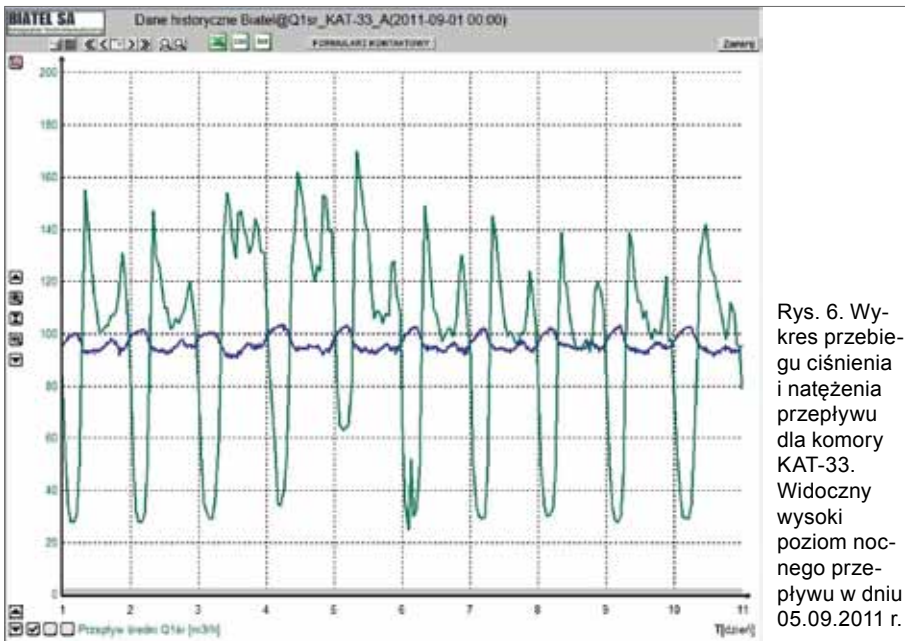
Teren GOP, a w szczególności analizowane miasto, jest uzbrojony w gęstą sieć przewodów magistralnych GPW, stąd liczba studni zakupowych jest bardzo duża. Poważną przeszkodą we wprowadzeniu systemu monitoringu w punktach zakupu wody był brak stałego zasilania w energię elektryczną w tych punktach, co przy ówczesnym stanie techniki stanowiło istotną przeszkodę. Początkowo przystąpiono do realizacji systemu telemetrii w 10 punktach zakupowych wody.

Dążąc do dalszego obniżania strat wody, w 2007 roku rozpoczęto wdrażanie systemu zdalnego sterowania reduktorami ciśnienia. Wprowadzenie tej funkcji miało na celu zapewnienie optymalnego ciśnienia w sieci wodociągowej względem:

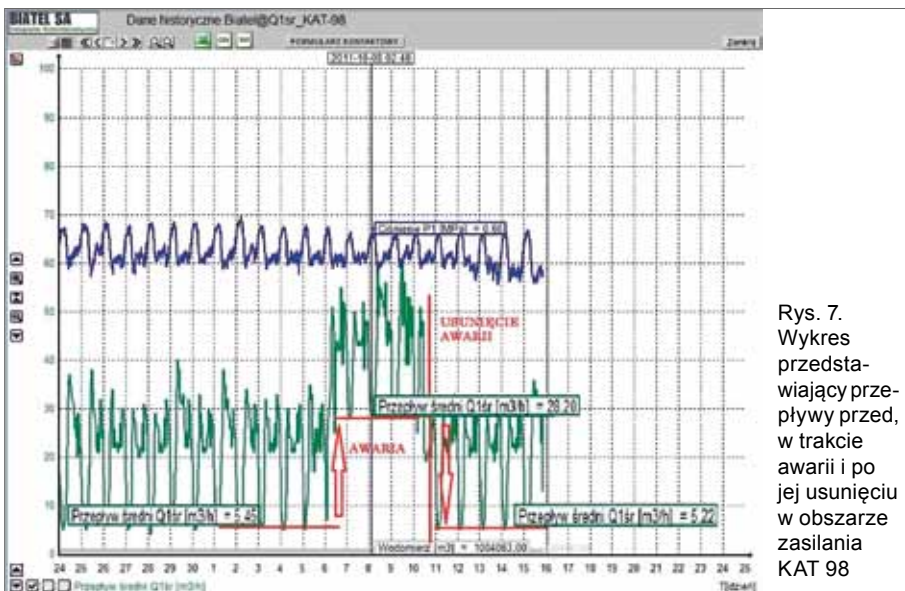
- pory dnia i charakterystyki rozbiórów;
- przepływ zarejestrowany w rejonie pracy reduktora;
- potrzeby na cele przeciwpożarowe;
- zmniejszenie ciśnienia dla optymalizacji strat wody.

Do końca 2010 roku zrealizowano 19 punktów zdalnego sterowania reduktorem ciśnienia [9].

Wdrożony system monitorowania obsługuje również zarządzanie ciśnieniem w sieci wodociągowej. W komorach ze zdalnie sterowanymi reduktorami obok standardowego zestawu telemetrycznego montowany jest dodatkowo elektroniczny sterownik ciśnienia.



Rys. 6. Wykres przebiegu ciśnienia i natężenia przepływu dla komory KAT-33. Widoczny wysoki poziom nocnego przepływu w dniu 05.09.2011 r.



Rys. 7. Wykres przedstawiający przepływy przed, w trakcie awarii i po jej usunięciu w obszarze zasilania KAT 98

5. Analiza pracy wdrożonego systemu monitoringu

Do bieżącej kontroli i obsługi technicznej monitoringu oraz wszystkich eksploatowanych urządzeń z tym związanych utworzony został dział pomiarów i kontroli sieci. Dział ten zajmuje się codzienną analizą informacji i danych z monitoringu, w celu jak najlepszego zarządzania siecią wodociągową, ciśnieniem w sieci oraz detekcją wycieków, współpracuje z działem sieci oraz z działami eksploatacji poszczególnych obszarów. Dane uzyskiwane z telemetrii są wyjściowymi parametrami określającymi podejmowane działania i wyznaczającymi kierunki dalszego postępowania zmierzającego do

poprawy efektywności eksploatacji sieci wodociągowej.

Podstawowym parametrem, którego wartość jest kontrolowana i analizowana, jest wielkość nocnych przepływów. Wysoki poziom nocnych przepływów, przekraczający wartość przyjętą dla danego obszaru za ustaloną, jest sygnałem do uruchomienia procedur związanych z lokalizacją i następnie usunięciem awarii.

Rys. 7 przedstawia wykres rozbioru wody na obszarze zasilania KAT 98. Widoczny jest pięciokrotny wzrost minimalnych przepływów nocnych z poziomu $Q = 5,45 \text{ m}^3/\text{h}$ do wartości $Q = 28,2 \text{ m}^3/\text{h}$ po wystąpieniu awarii w dniu 06.10.2011. Zlokalizowanie i usunięcie awarii w tym przypadku trwało w sumie 4 dni. Po usu-

nięciu awarii wartość minimalnych przepływów nocnych wróciła do poziomu $Q = 5,22 \text{ m}^3/\text{h}$.

Awarię powyższą i jej usunięcie można również zaobserwować na raporcie miesięcznym dla studni KAT 98, w którym w dniach od 7 do 11 sygnalizowany jest ALARM przekroczenia wartości minimalnych przepływów nocnych (rys. 8).

System obok bieżącej kontroli parametrów w poszczególnych punktach pomiarowych i przeglądania danych historycznych umożliwia również generowanie raportów dobowych, miesięcznych, analiz tygodniowych i miesięcznych minimalnych nocnych rozbiorów, wykresów przebiegu przepływu i ciśnień.

7. Osiągnięte efekty w eksploatacji sieci wodociągowej

Ze względu na położenie analizowanej sieci wodociągowej na obszarze pracy kopalń, silnej pracy górotworu związanej z intensywną eksploatacją złóż węgla, zaliczana jest ona do sieci o najwyższym wskaźniku awaryjności w kraju. Wyliczony dla całej sieci Infrastrukturalny Indeks Wycieków IIW = 6,5 i wdrożono system monitorowania parametrów hydraulicznych w wybranych punktach sieci oraz wprowadzono system zarządzania ciśnieniem w sieci.

Na podstawie danych z monitoringu zebranych w punktach pomiarowych na sieci wodociągowej przeprowadzone zostały analizy zmian parametrów istotnych dla efektywności funkcjonowania sieci, takich jak Infrastrukturalny Indeks Wycieków

$$IIW = \frac{\text{Straty_rzeczywiste}}{\text{Straty_nieuniknione}} = 6,5 \text{ dla}$$

całej sieci wodociągowej analizowanego miasta

$$IIW = \frac{\text{Straty_rzeczywiste}}{\text{Straty_nieuniknione}} = 2,5 \text{ dla}$$

obszaru zasilania KAT 33A po wprowadzeniu monitorowania i działań naprawczych.

Widoczny jest spadek liczby awarii po wprowadzeniu pod koniec roku 2008 zarządzania ciśnieniem w sieci w strefie KAT 2 (rys. 9).

W tabeli 1. przedstawiono bilans wody zakupionej i sprzedanej w latach 2003–2010 dla analizowanego miasta, a na rys. 10 objętości wody zaoszczędzonej w wyniku zmniejszenia strat w latach 2006–2010.

Monitoring wdrożony w analizowanym przedsiębiorstwie pozwolił na systematyczne obniżanie strat wody z 30,8% w roku 2005 do 23,0% w roku 2010 (tabela 1). Biorąc pod uwagę spadek objętości wody kupowanej, daje się zauważyć wzrost bezwzględnej objętości wody zaoszczędzonej, co przy rosnącej cenie zakupu daje odpowiednio oszczędności (rys. 11).

Po wdrożeniu monitoringu uległa również obniżeniu liczba awarii na sieci wodociągowej z 1998 w roku 2002 do 943 w roku 2010, co daje spadek o 53%.

Wprowadzenie zdalnego sterowania ciśnieniem wpłynęło na zmniejszenie nocnych przepływów, co jednocześnie oznacza zmniejszenie wielkości strat wody związanych z wypływami, których wielkość zależy od ciśnienia roboczego panującego w sieci.

Po wprowadzeniu 22 lutego sterowania ciśnieniem w strefie zasilania KAT 79 minimalne nocne przepływy zmniejszyły się z poziomu 35 m³/h do poziomu 18 m³/h (rys. 11).

Wprowadzenie zarządzania ciśnieniem w sieci wodociągowej na strefach pozwoliło na bardzo znaczące obniżenie strat wody w tych strefach, przekraczające w wybranych przypadkach 50% wartości początkowej (tabela 2, rys. 12).

8. Podsumowanie

Obserwacja i analiza minimalnego przepływu nocnego służy do oceny stanu technicznego sieci wodociągowej, pozwala na:

- diagnostykę stref zasilania pod kątem pojawiających się awarii;
- wstępną lokalizację awarii poprzez strefowanie sieci polegające na wyłączaniu i włączaniu zasilania na kolejnych odcinkach sieci w strefie z jednoczesnym obserwowaniem minimalnych, nocnych przepływów;
- wsparcie aktywnej kontroli wycieków przez wskazanie obszarów o dużych stratach wody do dalszej diagnostyki przez zespoły wyposażone w urządzenia umożliwiające wykrycie wycieków – loggery, korelatory, geofony;
- zapewnienie dużej szybkości napraw przez szybkie wykrywanie, lokalizację i zlecenie usunięcia pojawiających się awarii, co ma duże znaczenie przy zakupie całości wody wtłaczanej do sieci od zewnętrznego dostawcy.

Dane o awariach zebrane z monitoringu w połączeniu z danymi z programu

[Powrót](#)

Raport miesięczny - Obiekt: Komora pomiarowa - KAT-98 Os. Kukuczki ul.Sandomierska
Analiza Minimalnego Nocnego Rozbioru z godzin od 1:00 do 4:00 dla miesiąca: 10-2011

Dzień	Q _{ir_noc}	Q _{ir3-5_noc}	Alarm	Próg alarm.	ADS	Odczyt bieżący
	[m ³ /h]	[m ³ /h]	Alarm/OK	[m ³ /h]	TAK/NIE	TAK/NIE
1	6,67	6,00	OK	28,0		
2	6,33	6,50	OK	28,0		
3	6,33	6,00	OK	28,0		
4	5,67	6,00	OK	28,0		
5	6,33	10,00	OK	28,0		
6	19,67	29,00	OK	28,0		
7	28,00	28,50	Alarm	28,0		
8	28,67	28,50	Alarm	28,0		
9	29,00	28,00	Alarm	28,0		
10	28,67	27,00	Alarm	28,0		
11	5,67	6,50	OK	28,0		
12	5,67	6,00	OK	28,0		
13	6,00	6,00	OK	28,0		
14	6,00	6,50	OK	28,0		
15	6,67	6,50	OK	28,0		
16			OK	28,0		
17						

Rys. 8. Raport miesięczny dla analizy minimalnego przepływu nocnego dla studni KAT 98 wygenerowany w systemie SCADA

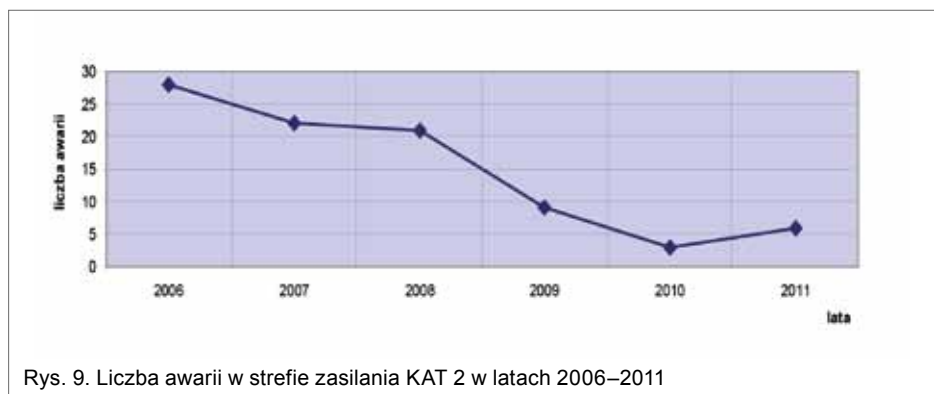
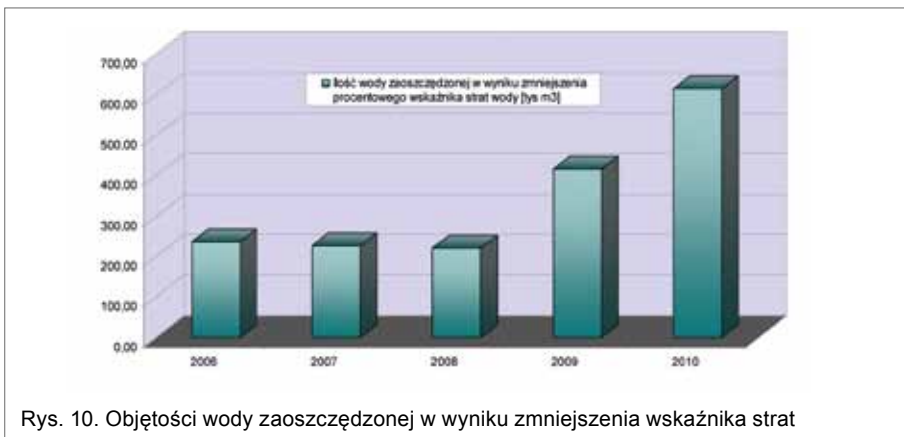


Tabela 1. Wielkości zakupów i sprzedaży wody w latach dla analizowanego miasta

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Zakup tys. m ³	27 501	25 974	24 703	23 695	22 778	22 163	20 841	19 848
Sprzedaż tys. m ³	18 618	17 825	17 089	16 619	16 145	15 919	15 391	15 280
Woda niesprzedana %	32,3	31,4	30,8	29,9	29,1	28,2	26,1	23,0

Tabela 2. Straty wody na wybranych studniach zakupowych przed i po zamontowaniu zdalnego sterowania reduktorem ciśnienia

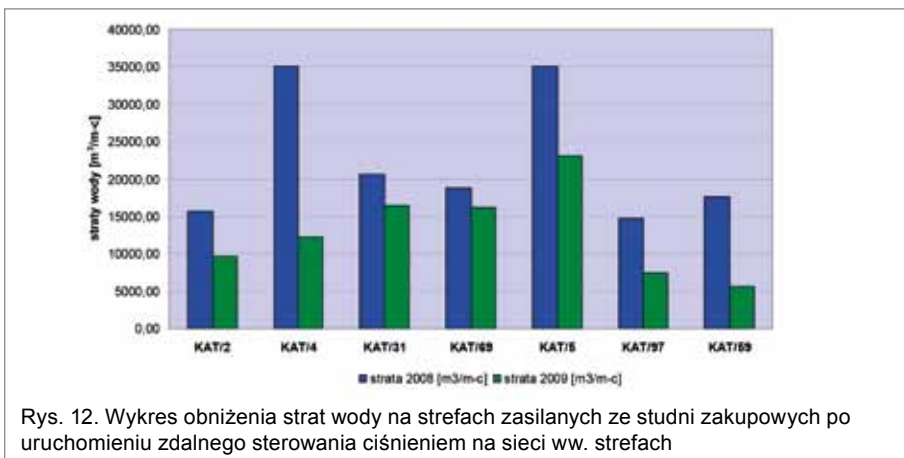
Lp.	Oddział	Obszar zasilania	Strata 2008 [m ³ /m-c]	Strata 2009 [m ³ /m-c]	Spadek strat [%]
1.	TWL	KAT/2	15 674,20	9 633,25	38,54
2.	TWC	KAT/4	35 054,50	12 246,75	65,06
3.	TWC	KAT/31	20 630,30	16 455,50	20,24
4.	TWB	KAT/69	18 807,20	16 170,83	14,02
5.	TWB	KAT/5	35 076,10	23 073,17	34,22
6.	TWB	KAT/97	14 781,00	7 446,33	49,62
7.	TWB	KAT/59	17 646,30	5 646,50	68,00



Rys. 10. Objętości wody zaoszczędzonej w wyniku zmniejszenia wskaźnika strat



Rys. 11. Wykres zmian przepływów nocnych po wprowadzeniu sterowania ciśnieniem w strefie zasilania KAT 79



Rys. 12. Wykres obniżenia strat wody na strefach zasilanych ze studni zakupowych po uruchomieniu zdalnego sterowania ciśnieniem na sieci ww. strefach

ewidencji awarii umożliwiającą ocenę technicznej sprawności poszczególnych odcinków sieci, kosztów ich obsługi oraz planowania w oparciu o powyższe remontów i wymiany awaryjnego rurociągu.

Sterowanie ciśnieniem w sieci pozwala na:

- dostosowanie ciśnienia do pory dnia i do charakterystyki rozbiórów wody w sieci;
- zmniejszenie awaryjności sieci poprzez pracę pod niższym ciśnieniem;
- zmniejszenie poziomu wycieków przy obniżeniu ciśnienia, co w sposób istotny obniża straty wody;

- realizowanie dostaw wody zgodnie z obowiązującymi przepisami.

Wynikiem wszystkich powyższych działań jest stałe zmniejszanie się liczby awarii, strat wody i tym samym zmniejszenie objętości wody kupowanej od GPW, co podnosi rentowność przedsiębiorstwa.

Dodatkowo monitoring sieci wodociągowej oraz system zarządzania ciśnieniem dostarczyły wiele nowych informacji na temat pracy sieci wodociągowej, jej parametrów, rzeczywistych przepływów w różnych porach dnia oraz kształtowania się rozbiórów w przekroju tygodniowym i rozkładu ciśnień. Wiedza na temat

rozkładu ciśnień we wszystkich opomiarowanych punktach w połączeniu z informacją o ukształtowaniu terenu miasta daje obraz rozkładu ciśnień w całym systemie dystrybucji wody dla analizowanego miasta.

Literatura

- [1] SPERUDA S.: *Ekonomiczny poziom wycieków. Modelowanie strat w sieciach wodociągowych*. Translator, Warszawa 2004.
- [2] SPERUDA S.: *Optymalny poziom strat z wycieków w sieci wodociągowej*. WaterKEY Sławomir Speruda, Warszawa 2011.
- [3] PIECHURSKI F.: *Monitoring i jego efekty w eksploatacji systemu wodociągowego*. „Napędy i sterowanie” 11/2007.
- [4] PIECHURSKI F.: *Ocena wpływu monitoringu sieci wodociągowej na obniżenie strat wody*. Sympozjum Hydroprezentacje XIII' 2010. Politechnika Śląska, Gliwice.
- [5] PIECHURSKI F.: *Monitoring w eksploatacji sieci wodociągowej*. „Napędy i Sterowanie” 6/2006.
- [6] KWIECINIEWSKI M., GŁĘBSKI W., WRONOWSKI N.: *Monitoring sieci wodociągowych i kanalizacyjnych*. PZITS, Warszawa 2005.
- [7] SPERUDA S.: *Straty wody w polskich sieciach wodociągowych*. WaterKEY Sławomir Speruda, Warszawa 2007.
- [8] PIECHURSKI F.: *Ograniczenia strat wody w systemach wodociągowych*. „Wodociągi i Kanalizacja” 9/2010, 10/2010.
- [9] BAZAN B.: *Monitoring sieci wodociągowej w mieście K. Zakożenia, realizacja i osiągnięte efekty*. Praca końcowa Politechniki Śląska. Gliwice 2011.
- [10] Piechurski F.G.: *Ocena wykorzystania monitoringu sieci wodociągowej do określenia poziomu strat wody i ich obniżenia*. XX Krajowa, X Międzynarodowa Konf. Nauk. Tech. „Zaopatrzenie w wodę. Jakość i ochrona wód”, Tom II, Poznań 2012, s. 127–143.

dr inż. Florian G. Piechurski –
docent, Politechnika Śląska, Gliwice,
Instytut Inżynierii Wody i Ścieków

artykuł recenzowany